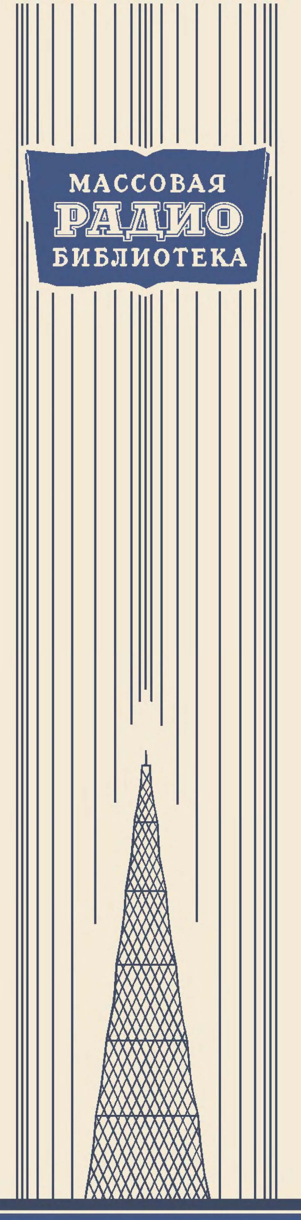
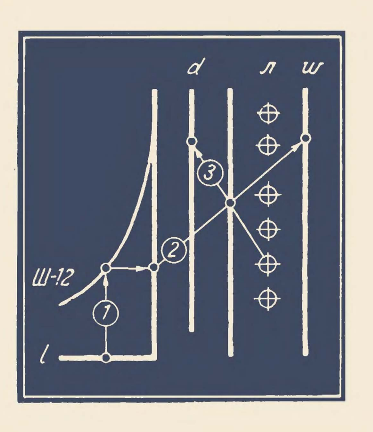


Г. А. СНИЦЕРЕВ

НОМОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЫХОДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ





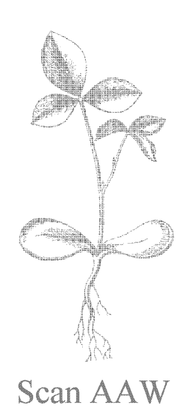
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ
1954

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 212

Г. А. СНИЦЕРЕВ

НОМОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЫХОДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1954 ЛЕНИНГРАД

В брошюре приводятся номограммы для расчета выходных трансформаторов с сердечниками из типовых пластин и излагается способ пользования этими номограммами. Точность расчета при этом получается вполне достаточной для радиолюбительских целей.

Брошюра предназначена для широкого круга радиолюбителей.

СОДЕРЖАНИЕ

Автор—*Сницерев Георгий Александрович*

НОМОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЫХОДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Редактор *А. Ф. Сенченков* Технич. редактор *К. П. Воронин*

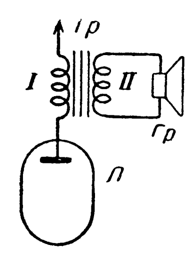
Сдано в пр-во 28/X 1954 г. Подписано к печати 30/XI 1954 г.
Бумага 84×108 1/32 1,64 п. л. Уч.-изд. л. 1,8
Т-08463 Тир. 25000 Цена 75 коп. Зак 3799

Типография Госэнергоиздата, Китайский пр., д. 7.

НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ ВЫХОДНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Выходной трансформатор связывает анодную цепь выходного усилителя низкой частоты с его нагрузкой.

Чаще всего выходные трансформаторы *Тр* (фиг. 1) выполняются с двумя обмотками, одна из которых первичная *I* включается в анодную цепь выходной лампы *Л*, а к другой вторичной *II* присоединяется нагрузка, напри-



Фиг. 1. Схема включения выходного трансформатора.

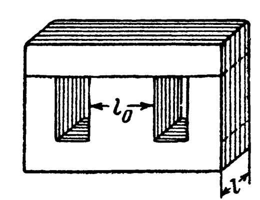
мер громкоговоритель *Гр*. В случае, когда выходная лампа работает на несколько нагрузок, например на громкоговоритель приемника и на выносной громкоговоритель, выходной трансформатор может иметь столько вторичных обмоток, на сколько нагрузок работает выходная лампа. Здесь рассматривается только случай расчета трансформатора, предназначаемого для нагрузки лампы одним динамическим громкоговорителем.

Из конструктивных соображений звуковые катушки динамических громкоговорителей выполняются с небольшим сопротивлением. Поэтому, чтобы обеспечить выделение на звуковой катушке нужной мощности, через катушку должен протекать достаточно большой ток звуковой частоты. Между тем величина этого тока в анодных цепях даже мощных выходных ламп сравнительно невелика. Чтобы получить нужную величину тока через звуковую катушку,

последнюю включают в анодную цепь выходной лампы через понижающий выходной трансформатор.

Выходной трансформатор не должен вносить частотных искажений. Для этого в первую очередь нужно, чтобы индуктивность его первичной обмотки была достаточно большой. Для получения такой индуктивности в выходных трансформаторах применяют стальные сердечники.

Сердечники набираются из отдельных пластин трансформаторной стали толщиной от 0,2 до 0,5 *мм*. Наиболее распространенным видом сердечника является броневой (фиг. 2), набираемый из Ш-образных и прямых пластин (перемычек). Пластины сердечника собирают вперекрышку, для чего перемычки располагают поочередно то с одной, то с другой стороны от Ш-образных пластин.



Фиг. 2. Броневой сердечник.

В сердечниках трансформаторов, через первичные обмотки которых помимо тока звуковой частоты протекает еще постоянный ток (например, у трансформаторов в анодных цепях ламп, работающих в однотактных схемах), создается постоянный магнитный поток, благодаря которому уменьшается индуктивность первичной обмотки, что вносит частотные искажения. Чтобы избежать этого, сердечники таких трансформаторов делаются с зазором. Для получения зазора все перемычки располагаются с одной стороны от Ш-образных пластин. Нужная длина зазора устанавливается посредством прокладки соответствующей толщины из немагнитного материала (например, бумаги) между перемычками и Ш-образными пластинами.

Обмотки выходных трансформаторов, за исключением трансформаторов большой мощности, обычно располагаются на общем каркасе. Порядок размещения обмоток на каркасе существенного значения не имеет, однако практически удобнее сначала располагать первичную обмотку, а поверх нее — вторичную.

РАСЧЕТ ВЫХОДНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Данные выходного трансформатора должны быть выбраны в соответствии с величиной сопротивления нагрузки, типом выходной лампы и условиями ее работы. При непра-

вильном расчете выходной трансформатор не только не обеспечит подведения к нагрузке нужной величины мощности, но и будет являться причиной искажений.

Ниже описывается расчет трансформаторов при помощи особого рода чертежей, называемых номограммами. Расчеты по номограммам сводятся к выполнению небольшого числа несложных операций (например, проведению на номограмме одной или нескольких линий или прикладыванию линейки), не требующему знания математики.

На каждой из номограмм имеется по нескольку шкал и точек с нанесенными значениями величин или пометками, определяющими рассчитываемый по этой номограмме элемент конструкции трансформатора. При расчете на номограмме проводят линии так, как это показано на помещенной на ней схеме пользования. В точке пересечения последней из проведенных линий с ответной шкалой прочитывается значение искомой величины. Для проведения линий пользуются остро отточенным мягким карандашом. По окончании расчета проведенные линии стирают. При желании сохранить номограммы от повреждений, получающихся после многократного проведения и стирания линий, поверх каждой из номограмм можно наклеить по листу кальки и проводить линии на этом листе.

Номограммы построены только для типовых пластин ВН-904-52 (фиг. 3) и пользоваться этими номограммами для расчета выходных трансформаторов на пластинах другой конфигурации нельзя. Размеры пластин ВН-904-52 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Размеры пластин ВН-940-52

Тип пластины	Размеры пластины, *мм*			Расчетная площадь окна, *см²*
	l_0	$l_1=l_2$	h	
Ш-10	10	6,5	18	1,1
Ш-12	12	8	22	1,57
Ш-14	14	9	25	2,04
Ш-16	16	10	28	2,57
Ш-19	19	12	33,5	3,74
Ш-22	22	14	39	5,14
Ш-26	26	17	47	7,6

Фиг. 3. Ш-образная и прямая пластины ВН-904-52 (размеры см. в табл. 1).

При пользовании номограммами необходимо научиться правильно отсчитывать значения нанесенных на шкалы величин. Прежде всего следует обратить внимание на то, в какую сторону (вверх или вниз) возрастают на шкале значения этих величин. Затем нужно привыкнуть правильно определять цену деления, т. е. приращение величины, соответствующее промежутку между двумя соседними рисками. Цена деления на шкале номограммы не остается постоянной, а изменяется в зависимости от изменения величины.

Например, на шкале *I* номограммы, изображенной на фиг. 4, значение величины выходной мощности возрастает снизу вверх и цена деления на участке от 0,5 до 1 *вт* равна 0,05 *вт*, а на участке от 1 до 3 *вт* составляет 0,1 *вт*. Цена деления на шкале *II* этой номограммы на участках 10—20 *мм*, 20—50 *мм* и 50—100 *мм* соответственно равна 1 *мм*, 2 *мм* и 5 *мм*.

Расчет выходного трансформатора по номограммам заключается в определении необходимой толщины пакета сердечника и, если нужно, длины зазора в нем, определении числа витков и диаметра провода первичной и вторичной обмоток и проверке возможности размещения этих обмоток на каркасе.

Каждый из элементов конструкции трансформатора определяется по специально построенной для расчета этого элемента номограмме, причем из номограмм, построенных для расчета того или иного элемента, выбирается такая, которая соответствует применяемому типу лампы (триод, тетрод или пентод) и схеме выходного каскада (однотактная или двухтактная, с отрицательной обратной связью или без нее).

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Пусть требуется рассчитать выходной трансформатор к динамическому громкоговорителю с сопротивлением звуковой катушки в 1,7 *ом*. Громкоговоритель предназначается для нагрузки выходного каскада мощностью 2 *вт*. Схема каскада — однотактная, без отрицательной обратной связи, на лампе 6П6С. Для сердечника предполагается использовать пластины типа Ш-19.

Расчет начинаем с определения толщины пакета сердечника, для чего служат номограммы на фиг. 4—9. Для нашего случая нужно пользоваться номограммой на фиг. 4.

На шкале *I* этой номограммы отыскиваем точку, соответствующую выходной мощности 2 *вт*, и через эту точку и точку на шкале *III*, соответствующую выбранному типу пластины, проводим прямую линию. В точке пересечения этой линии со шкалой *II*, являющейся ответной, находим, что толщина пакета должна быть равной 33 *мм*.

Толщину пакета рекомендуется выбирать так, чтобы она не превышала ширину среднего стержня пластины более чем в 2,5—3 раза. Если толщина пакета окажется больше, значит пластины для трансформатора данной мощности не подходят и нужно взять пластины большего размера.

Указанным способом пользуются и номограммами на фиг. 5—9.

Выбрав толщину пакета, переходим к определению числа витков первичной обмотки (номограммы на фиг. 10—17). В нашем случае нужно пользоваться номограммой на фиг. 10.

Для получения ответа на этой номограмме нужно провести две линии. Первая линия проводится через точки на шкалах *I* и *V'*, соответствующие ранее найденной толщине пакета и типу пластины, а вторая — через точку на шкале *IV'*, соответствующую типу выходной лампы, и точку пересечения ранее проведенной линии с немой шкалой (шкалой, на которой нет делений) *III*. Число витков определяют по шкале *II* в точке, где эта шкала пересекается последней из проведенных линий. В нашем случае число витков равно 4 500.

Затем приступаем к определению числа витков вторичной обмотки (номограммы на фиг. 18 и 19). В нашем случае для этого нужно пользоваться номограммой на фиг. 18. На этой номограмме для получения ответа так же проводятся две линии: первая — через точки на шкалах *I* и *V'*, соответствующие типу лампы и величине сопротивления звуковой катушки громкоговорителя, и вторая — через точку на шкале *II*, соответствующую ранее определенному числу витков первичной обмотки, и точку пересечения ранее проведенной линии с немой шкалой *IV'*. Число витков вторичной обмотки определяют по шкале *III* в точке пересечения этой шкалы последней из проведенных линий. В нашем случае число витков вторичной обмотки равно 83.

Способ пользования номограммой на фиг. 19 аналогичен описанному выше для номограммы на фиг. 18.

После определения числа витков первичной и вторич-

ной обмоток переходим к определению диаметров проводов, которыми должны быть намотаны эти обмотки.

Для определения диаметра провода первичной обмотки служат номограммы на фиг. 20 и 21. Для нашего случая нужно пользоваться номограммой на фиг. 20.

На шкале *I* графика в левой части номограммы отыскиваем точку, соответствующую ранее найденной толщине пакета сердечника. Из этой точки вертикально вверх проводим прямую линию до пересечения с кривой, соответствующей выбранному типу пластины, и отсюда ведем горизонтальную прямую до пересечения со шкалой *II* графика. Через полученную точку и точку на шкале *VI*, соответствующую ранее найденному числу витков первичной обмотки, проводим прямую линию. Затем через точку пересечения этой линии с немой шкалой *IV'* и точкой на шкале *V'*, соответствующей типу лампы, проводим еще одну прямую линию до пересечения со шкалой *III*, где и читаем ответ. В нашем случае диаметр провода первичной обмотки оказался равным 0,165 *мм*.

Номограммой на фиг. 21 пользуются точно таким же способом.

Диаметр провода вторичной обмотки определяем по номограмме на фиг. 22. На этой номограмме для получения ответа также нужно провести две линии. Первая из них проводится через точки на шкалах *I* и *V'*, соответствующие числам витков первичной и вторичной обмоток трансформатора, а вторая — через точку пересечения ранее проведенной линии со шкалой *III* и точку на шкале *IV'*, соответствующую ранее определенному диаметру провода первичной обмотки. Ответ читаем на шкале *II* в месте пересечения ее последней из проведенных линий. В нашем случае диаметр провода вторичной обмотки равен 1,38 *мм*.

Номограммы на фиг. 20—22 позволяют определить диаметры проводов обмоток, при которых в трансформаторе будут сравнительно небольшие потери энергии звуковой частоты, расходуемые на преодоление активного сопротивления обмоток. Однако определенный таким образом диаметр провода первичной обмотки может оказаться недостаточным для протекающего через обмотку анодного тока выходной лампы. Кроме того, определенные по номограмме диаметры проводов могут не соответствовать номинальным диаметрам проводов, выпускаемых промышленностью. Поэтому окончательный выбор диаметров проводов для обмоток производится при помощи табл. 2 и 3.

Таблица 2

Наименьший номинальный диаметр провода первичной обмотки трансформатора в зависимости от типа выходной лампы

Тип лампы	Наименьший диаметр провода, *мм*
2П1П 6С2С	0,1
6П9	0,14
6Ф6С	0,15
6П1П 6П6С	0,17
2С4С 6С4С	0,20
6П3С 6П7С	0,21

По табл. 2 проверяется соответствие определенного по номограмме диаметра провода первичной обмотки наименьшему номинальному диаметру, допускаемому при данной выходной лампе. Если определенный по номограмме диаметр меньше указанного в таблице номинального, то выбирают последний. Если же определенный по номограммам диаметр больше, то, пользуясь табл. 3, проверяют наличие номинального диаметра, равного диаметру, определенному по номограммам. При отсутствии такового выбирают ближайший больший номинальный диаметр, чем определенный по номограммам. Точно так же, пользуясь табл. 3, выбирают номинальный диаметр провода вторичной обмотки.

В нашем случае, как это видно из табл. 2, определенный по номограмме диаметр провода первичной обмотки меньше допустимого при лампе 6П6С диаметра, равного 0,17 *мм*. Поэтому вместо опре-

Таблица 3

Номинальные диаметры проводов марки ПЭ, выпускаемых промышленностью

0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19
0,2	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,38
0,41	0,44	0,47	0,49	0,51	0,55	0,59	0,64	0,69	0,74
0,8	0,86	0,93	1	1,08	1,16	1,2	1,25	1,35	1,45
1,56	1,68	1,81	1,95	2,02					

деленного по номограмме провода с диаметром 0,165 *мм* для первичной обмотки нужно взять провод с номинальным диаметром 0,17 *мм*. Провод же вторичной обмотки, как это видно из табл. 3, нужно взять диаметром не 1,38 *мм*, а 1,45 *мм*, так как провод диаметром 1,38 *мм* промышленностью не выпускается.

Далее проверяем возможность размещения обмоток на каркасе трансформатора. Для этого, пользуясь номограммами на фиг. 23 и 24, определяем площади, занимаемые обмотками в окне трансформатора. Способ пользования этими номограммами аналогичен описанному для номограммы на фиг. 4.

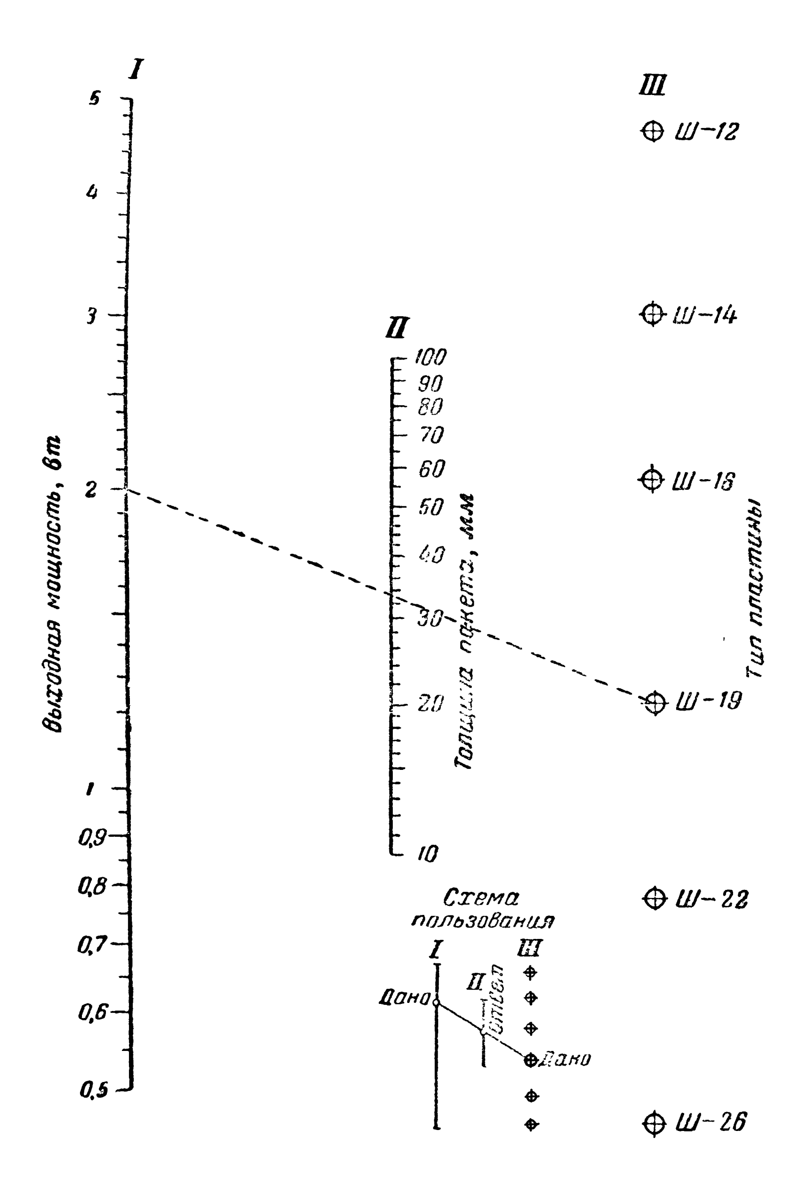
Если суммарная площадь, занимаемая первичной и вторичной обмотками, не превышает указанной для данного типа пластины в табл. 1, то это значит, что площадь окна достаточна для того, чтобы обмотки разместились на каркасе. Если же обмотки на каркасе разместить невозможно, нужно взять либо пластины большего размера, либо увеличить толщину пакета и при этих новых данных вновь проделать весь расчет.

Номограммы на фиг. 23 и 24 построены для провода в эмалевой изоляции, как наиболее употребительного при намотке выходных трансформаторов. Провода других марок будут занимать в окне трансформатора большую площадь, чем провод в эмалевой изоляции.

В нашем случае обмотки не могут быть размещены на каркасе, так как занимаемая ими суммарная площадь, равная приблизительно 4,3 *см*², больше площади окна трансформатора с сердечником из пластин типа Ш-19. Следовательно, нужно, как говорилось выше, либо взять пластины большего размера, либо увеличить толщину пакета и проделать весь расчет для этих новых данных.

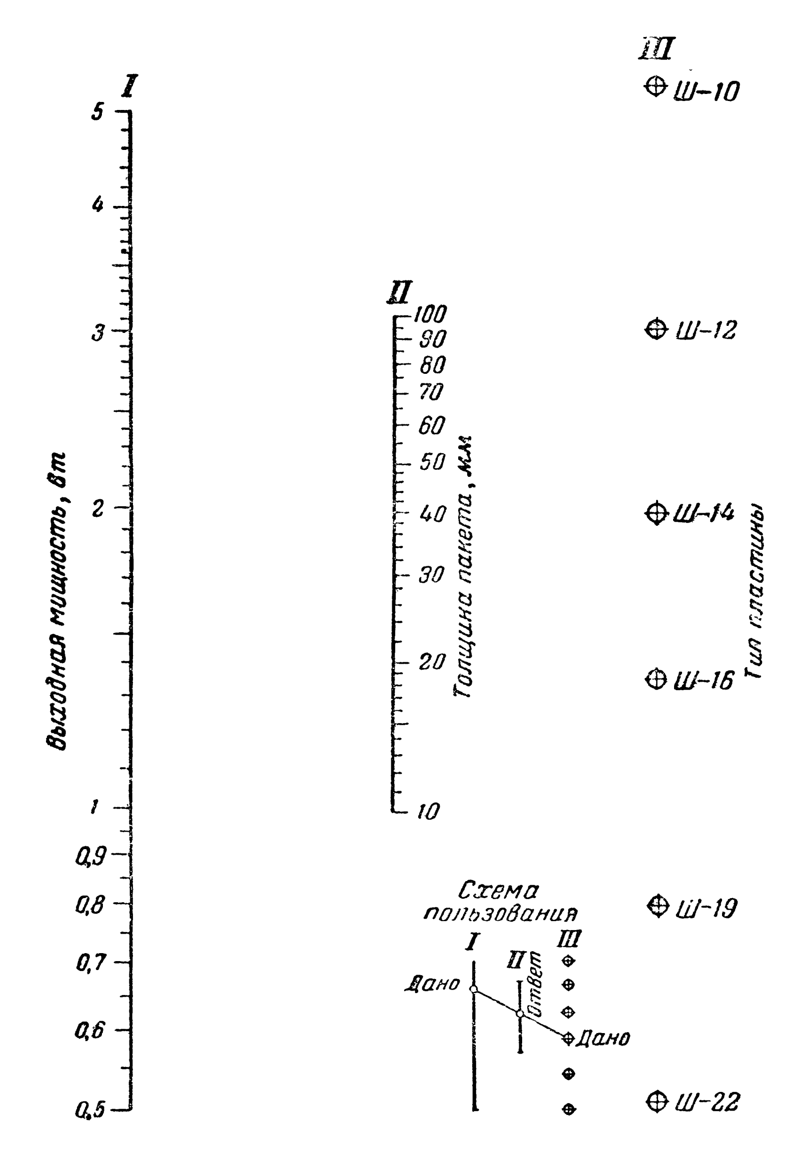
В заключение определяем длину зазора в сердечнике, для чего служит номограмма на фиг. 25. Способ пользования этой номограммой аналогичен описанному для номограммы на фиг. 4.

На этом расчет трансформатора заканчивается.

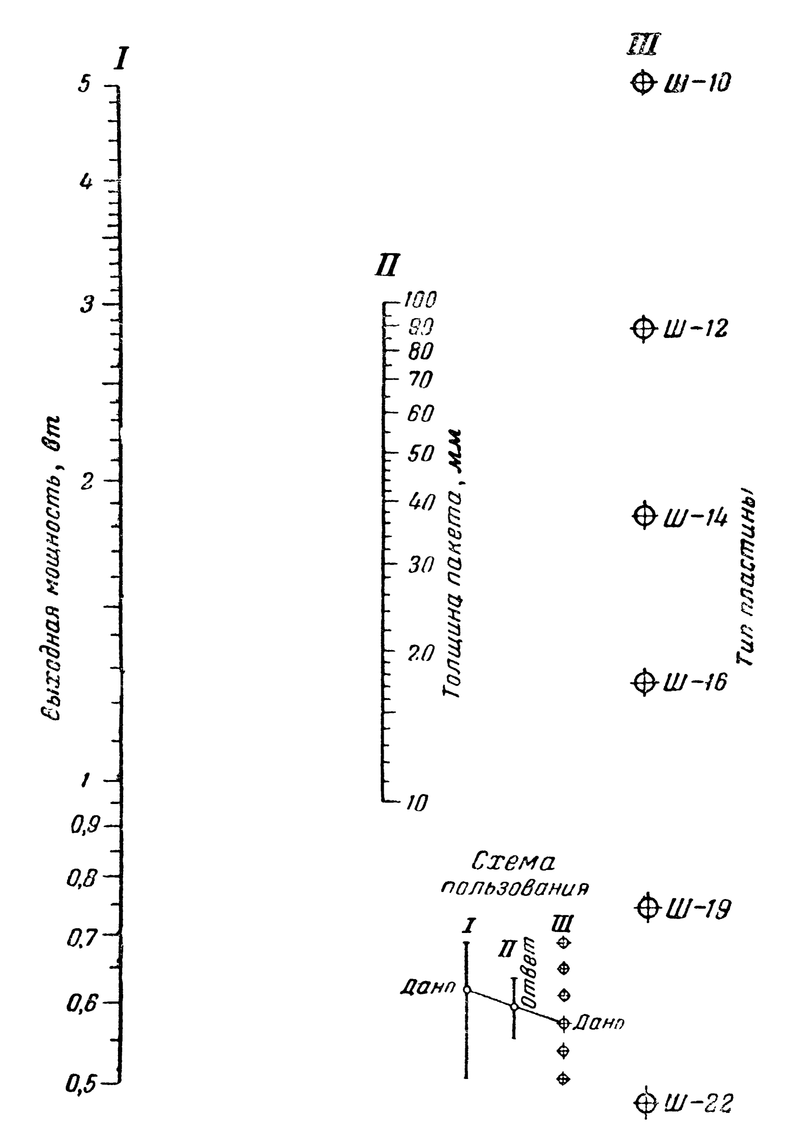


Фиг. 4. Номограмма для определения толщины пакета сердечника при однотактной схеме на тетроде или пентоде без отрицательной обратной связи. Сердечник собирается с зазором. Длина зазора определяется по номограмме на фиг. 25.

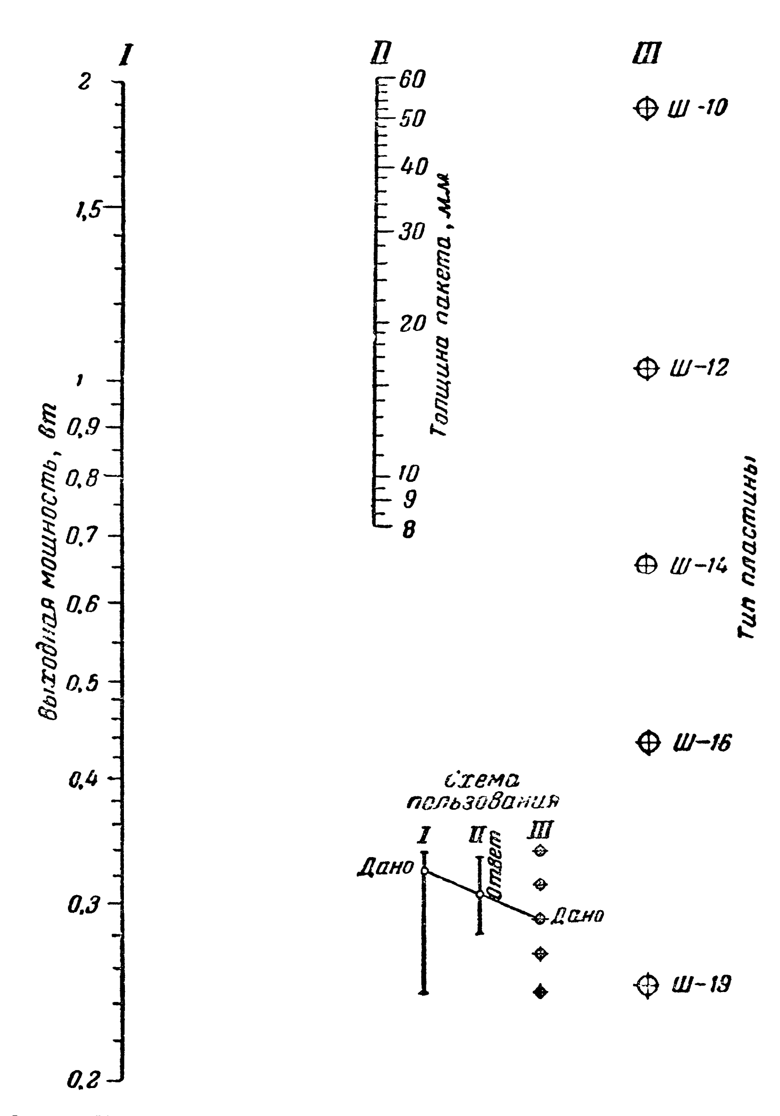
Пример. Выходная мощность 2 *вт*; пластины Ш-19. Толщина пакета равна 33 *мм*.



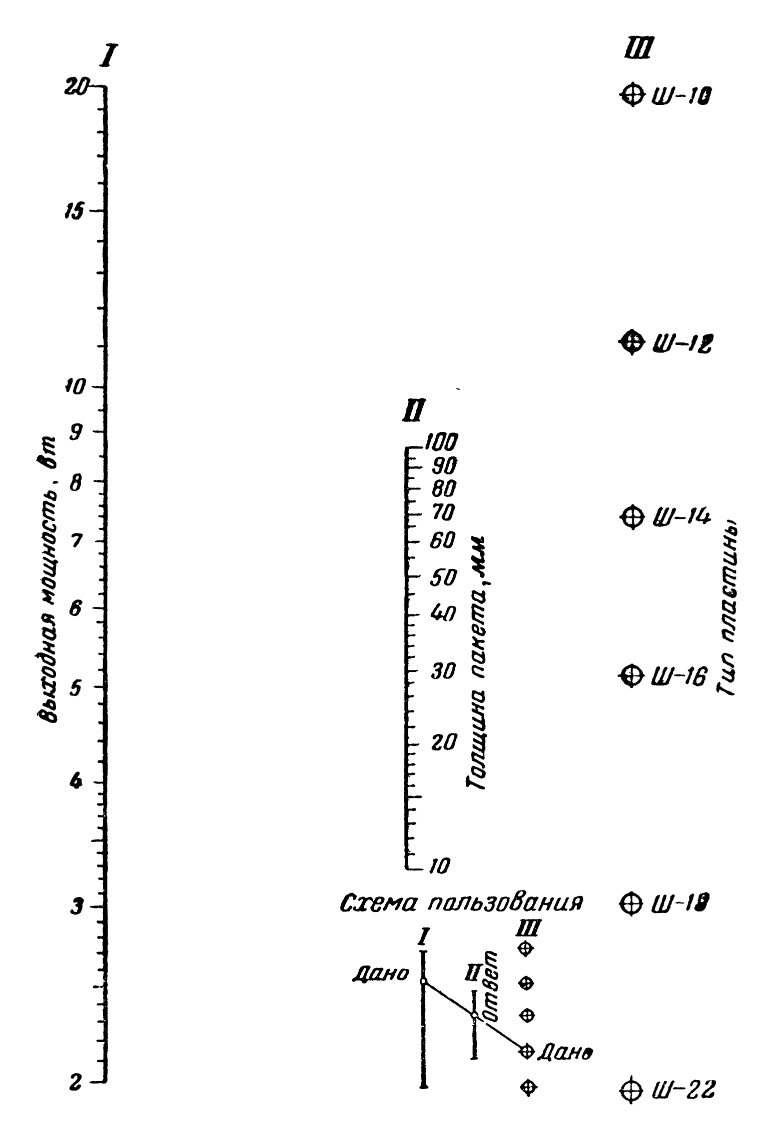
Фиг. 5. Номограмма для определения толщины пакета сердечника при однотактной схеме на тетроде или пентоде с отрицательной обратной связью. Сердечник собирается с зазором. Длина зазора определяется по номограмме на фиг. 25.



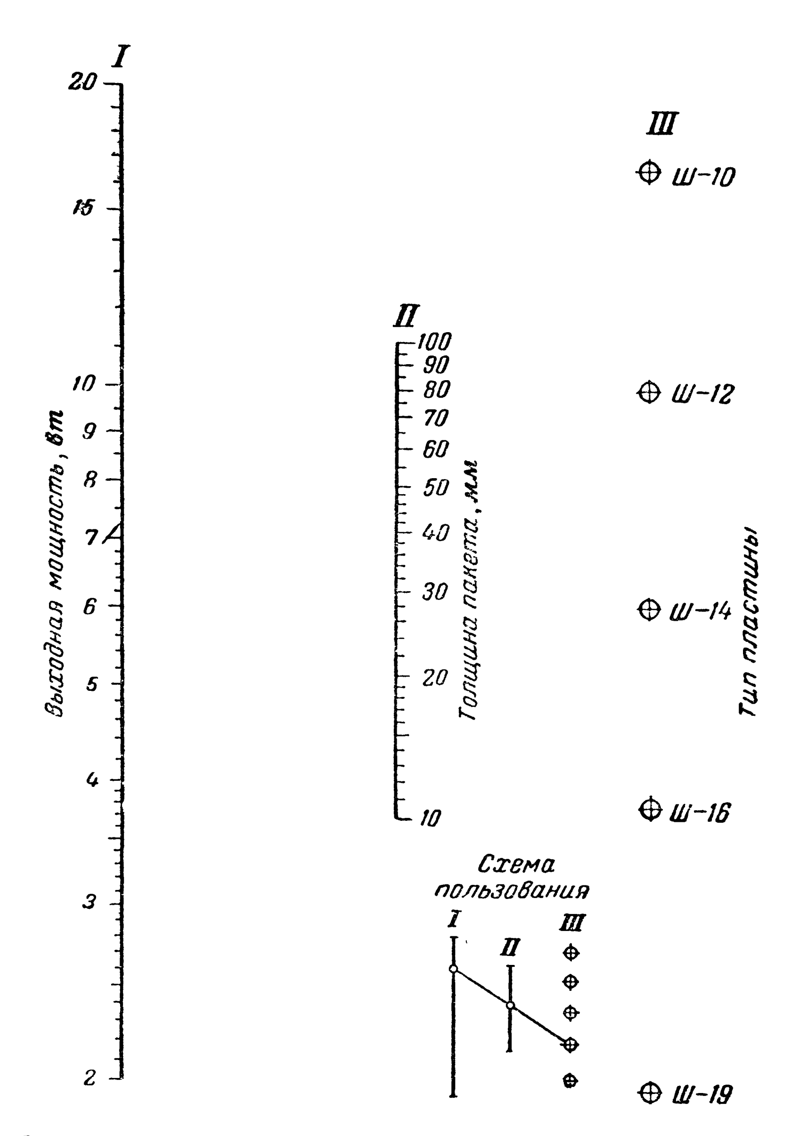
Фиг. 6. Номограмма для определения толщины пакета сердечника при однотактной схеме на триоде без отрицательной обратной связи. Сердечник собирается с зазором. Длина зазора определяется по номограмме на фиг. 25.



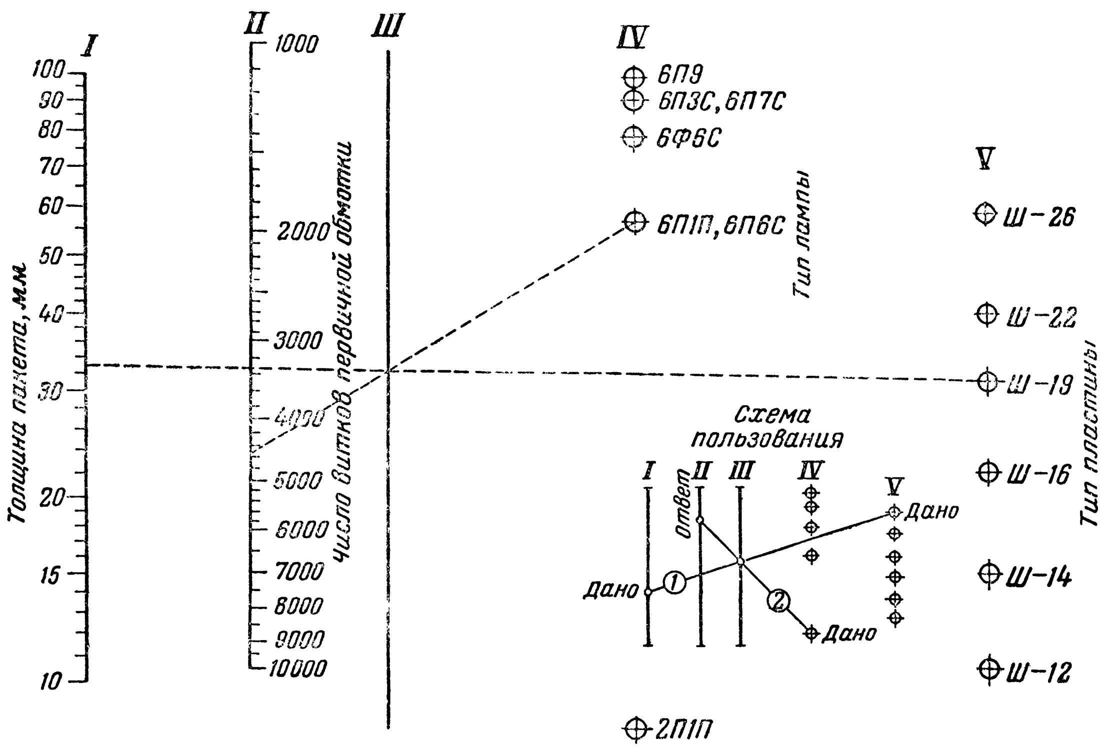
Фиг. 7. Номограмма для определения толщины пакета сердечника при однотактной схеме на триоде с отрицательной обратной связью. Сердечник собирается с зазором. Длина зазора определяется по номограмме на фиг. 25.



Фиг. 8. Номограмма для определения толщины пакета сердечника при двухтактной схеме на триодах, тетродах или пентодах без отрицательной обратной связи. Сердечник собирается без зазора.

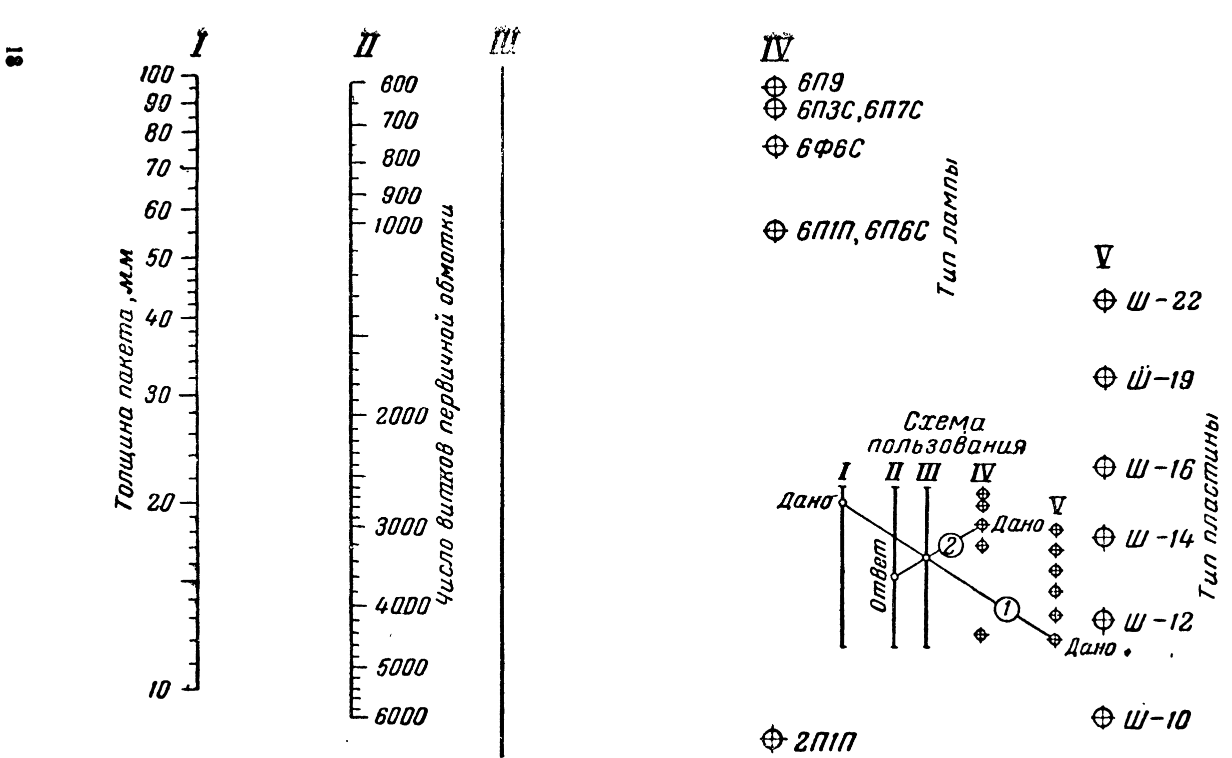


Фиг. 9. Номограмма для определения толщины пакета сердечника при двухтактной схеме на триодах, тетродах или пентодах с отрицательной обратной связью. Сердечник собирается без зазора.

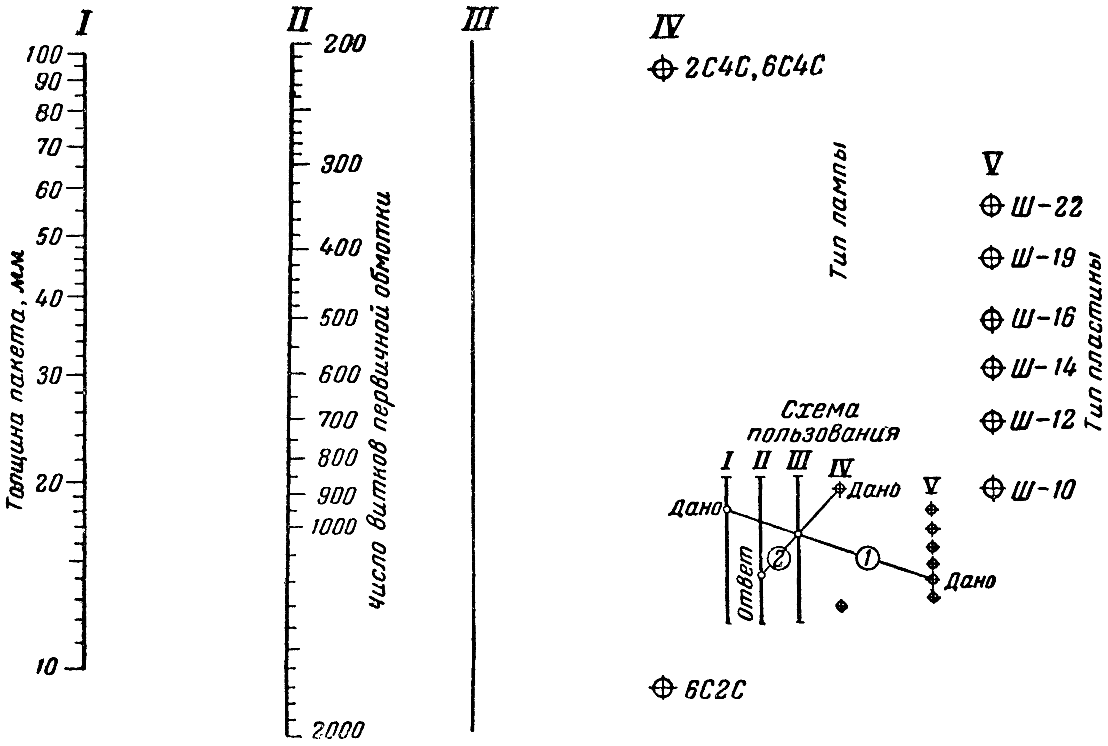


Фиг. 10. Номограмма для определения числа витков первичной обмотки при однотактной схеме на тетроде или пентоде без отрицательной обратной связи.

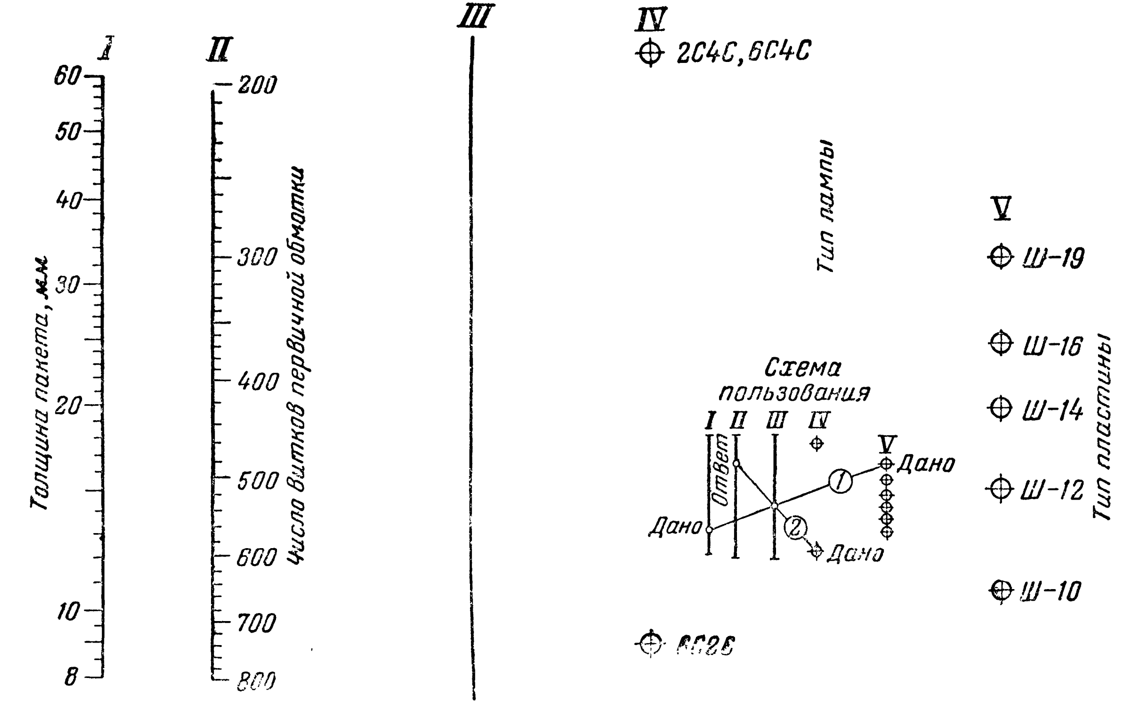
Пример. Толщина пакета 33 *мм*; тип пластины Ш-19; лампа 6П6С. Число витков первичной обмотки равно 4,500.



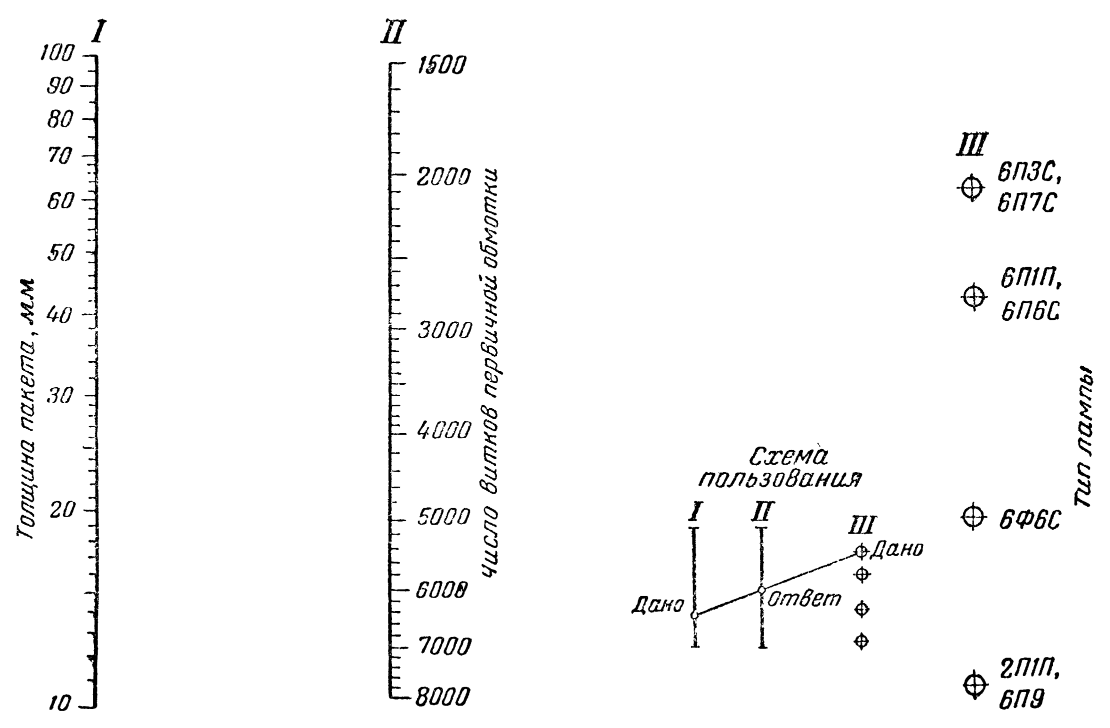
Фиг. 11. Номограмма для определения числа витков первичной обмотки при однотактной схеме на тетроде или пентоде с отрицательной обратной связью.



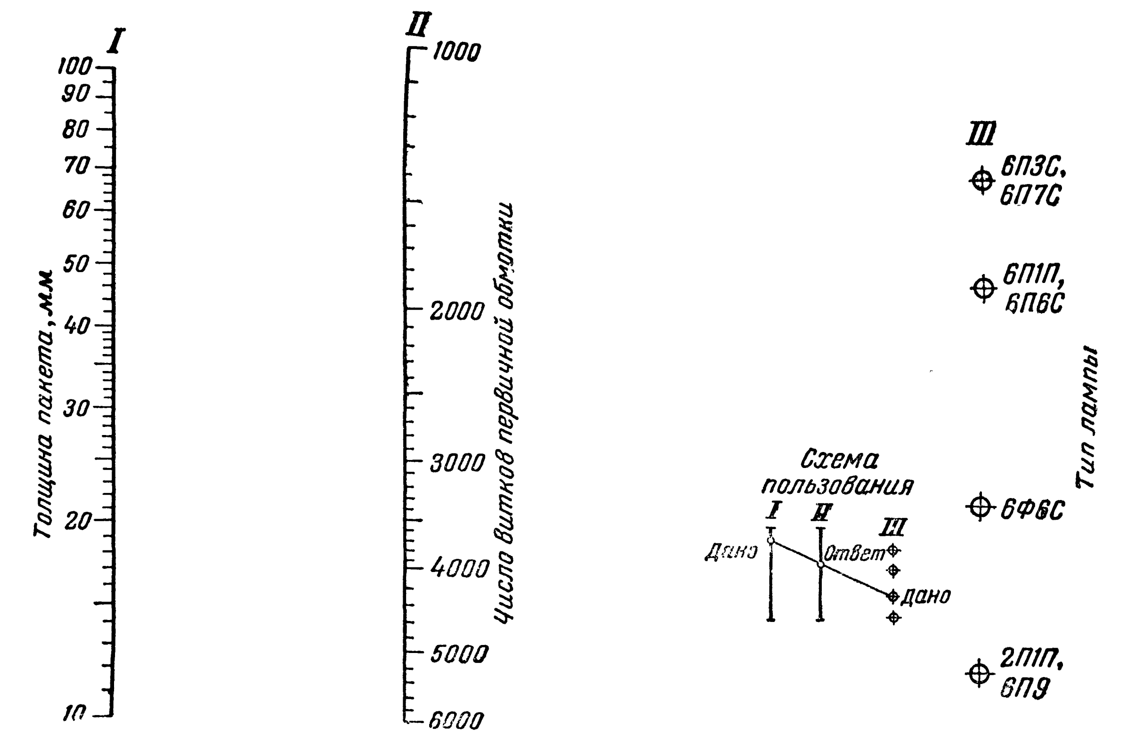
 Фиг. 12. Номограмма для определения числа витков первичной обмотки при однотактной схеме на триоде без отрицательной обратной связи.



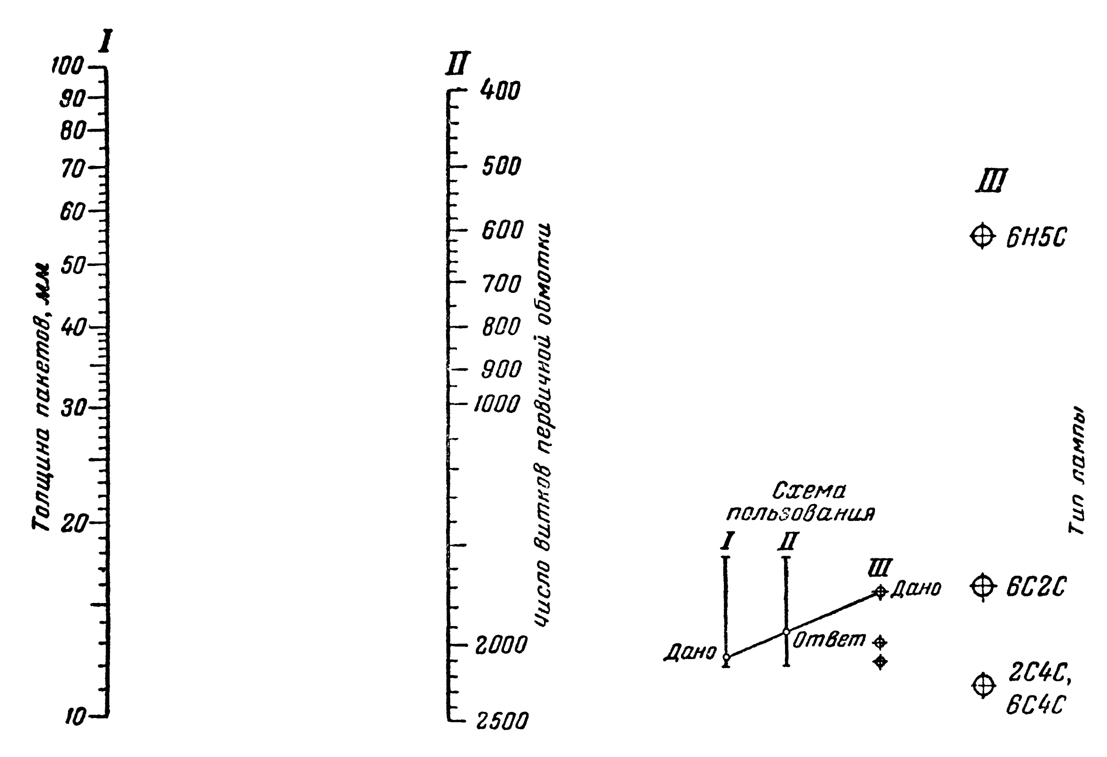
Фиг. 13. Номограмма для определения числа витков первичной обмотки при однотактной схеме на триоде с отрицательной обратной связью.



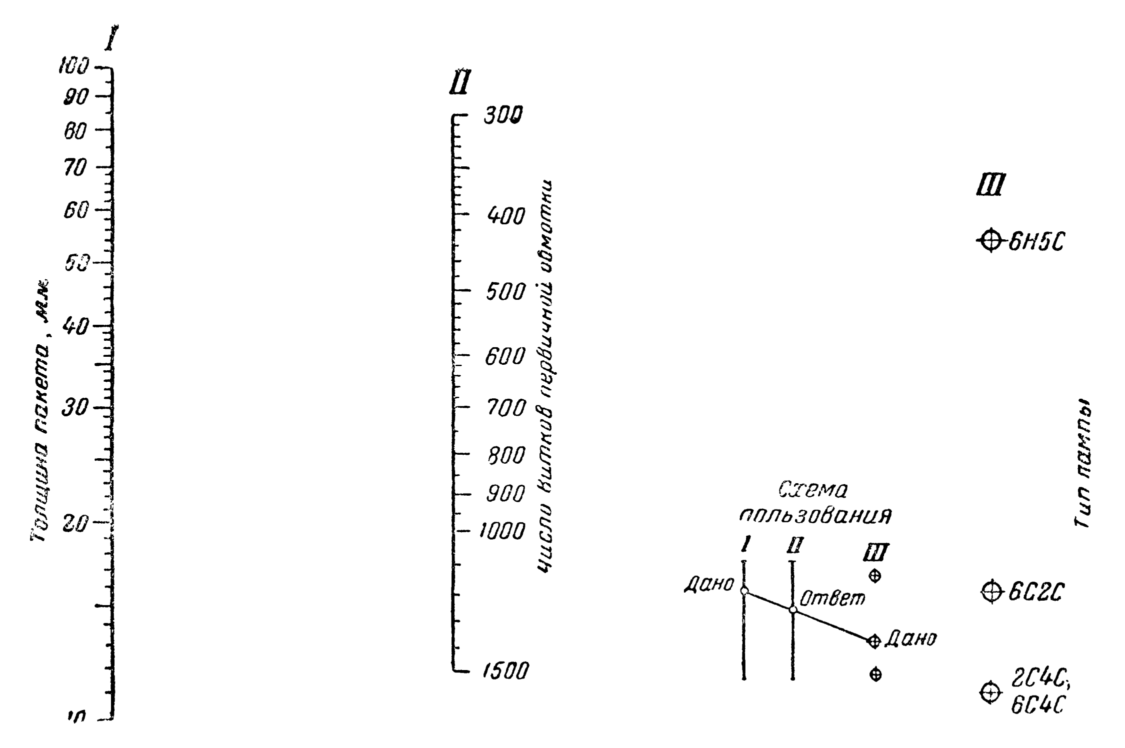
Фиг. 14. Номограмма для определения числа витков первичной обмотки при двухтактной схеме на тетродах или пентодах без отрицательной обратной связи.



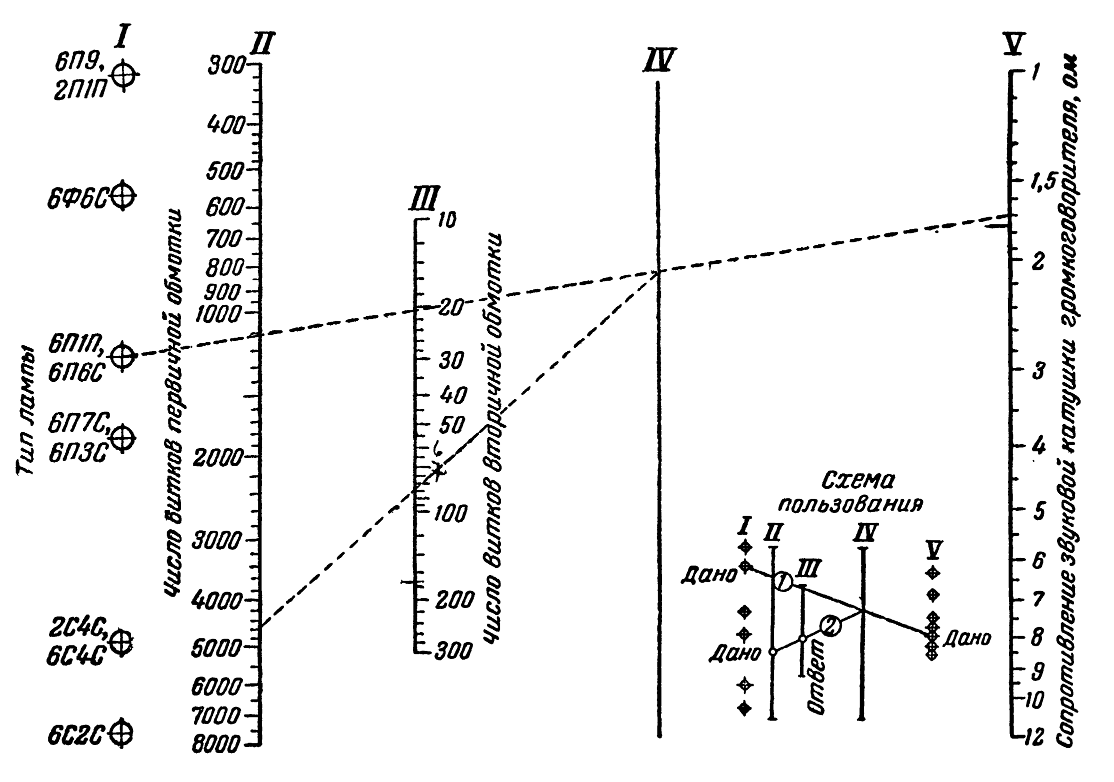
Фиг. 15. Номограмма для определения числа витков первичной обмотки при двухтактной схеме на тетродах или пентодах с отрицательной обратной связью.



Фиг. 16. Номограмма для определения числа витков первичной обмотки при двухтактной схеме на триодах без отрицательной связи.

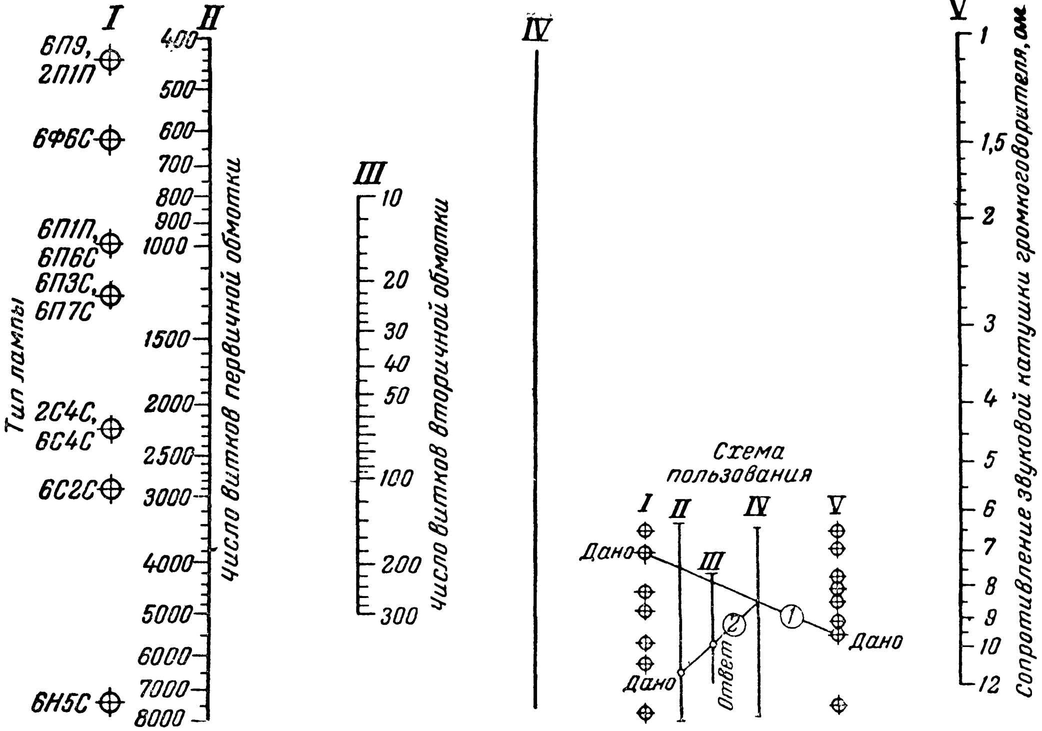


Фиг. 17. Номограмма для определения числа витков первичной обмотки при двухтактной схеме на триодах с отрицательной обратной связью.

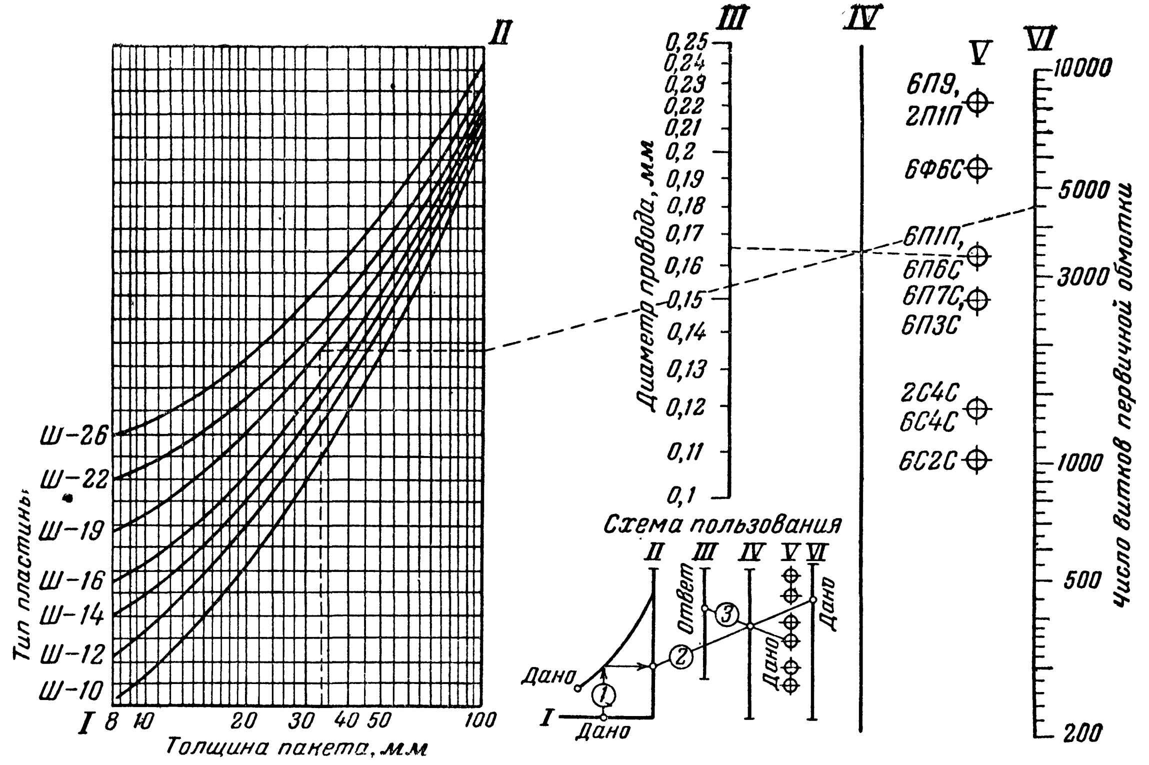


Фиг. 18. Номограмма для определения числа витков вторичной обмотки при однотактной схеме на триоде, тетроде или пентоде с отрицательной обратной связью и без нее.

Пример. Лампа типа 6П6С; сопротивление звуковой катушки 1,7 *ом*; число витков первичной обмотки 4 500; число витков вторичной обмотки равно 83.

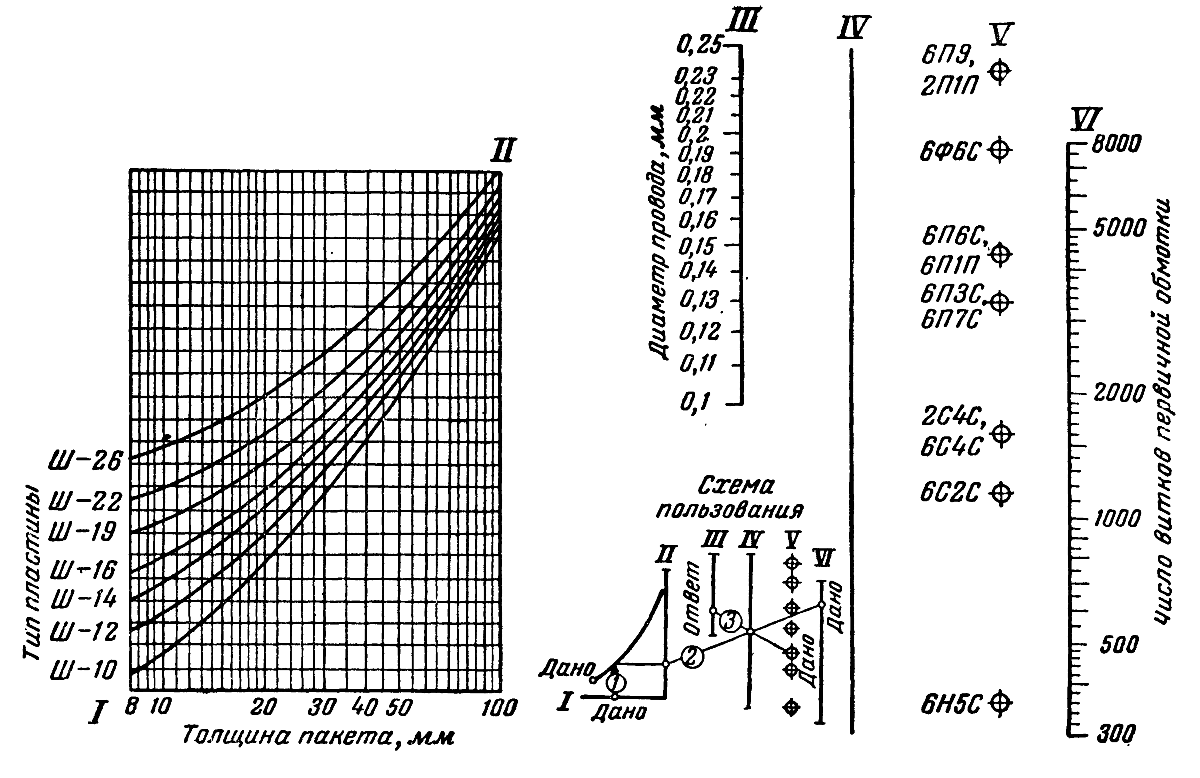


Фиг. 19. Номограмма для определения числа витков вторичной обмотки при двухтактной схеме на триодах, тетродах или пентодах с отрицательной обратной связью и без нее.

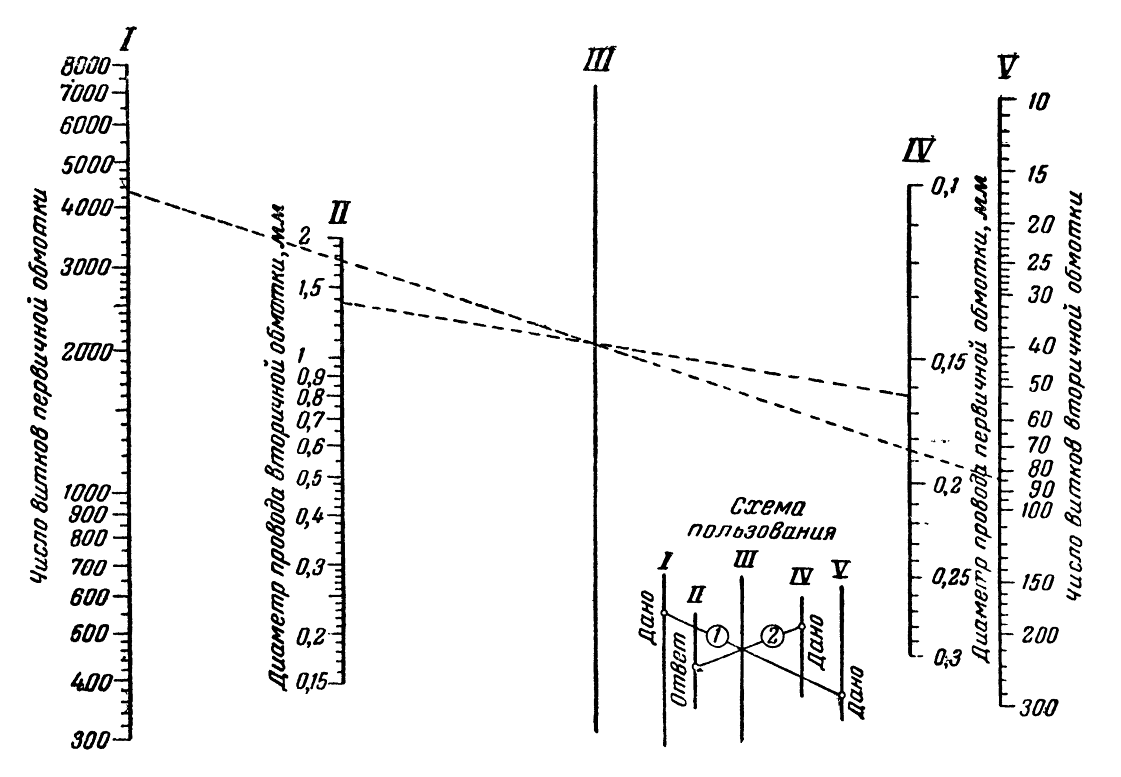


Фиг. 20. Номограмма для определения диаметра провода первичной обмотки при однотактной схеме на триоде, тетроде или пентоде с отрицательной обратной связью и без нее

Пример. Тип пластины Ш-19; толщина пакета 33 *мм*; число витков первичной обмотки 4 500, лампа 6П6С. Диаметр провода первичной обмотки равен 0,165 *мм*.

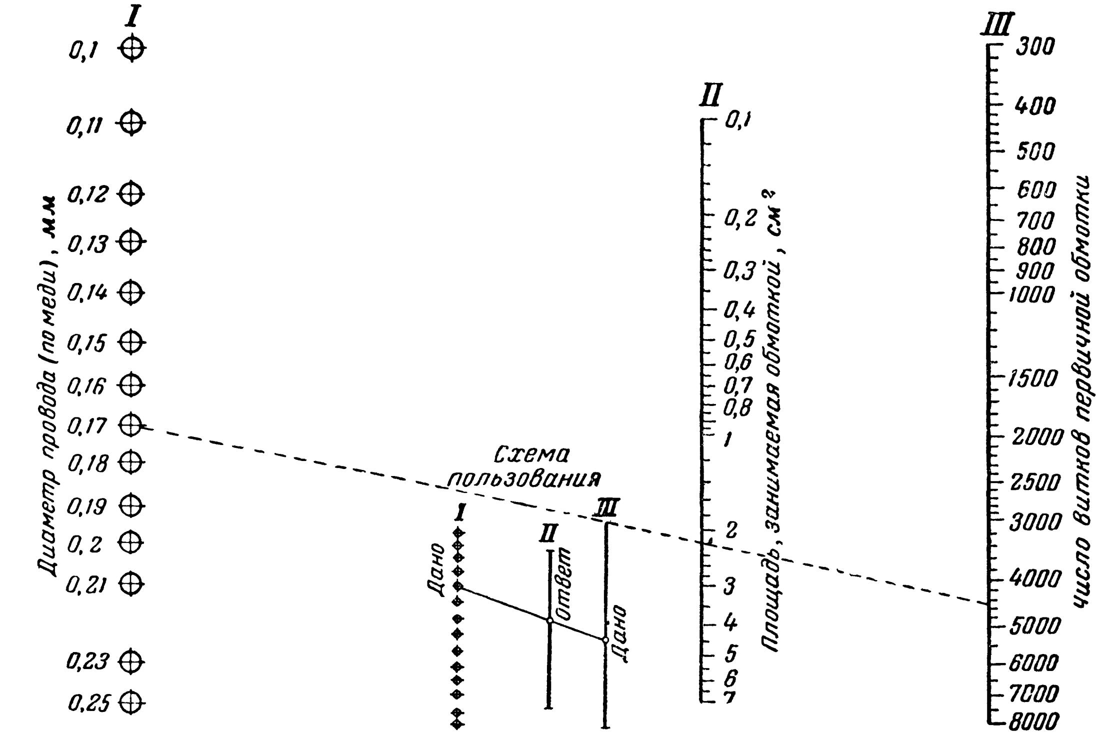


Фиг. 21. Номограмма для определения диаметра провода первичной обмотки при двухтактной схеме на триодах, тетродах или пентодах с отрицательной обратной связью и без нее.



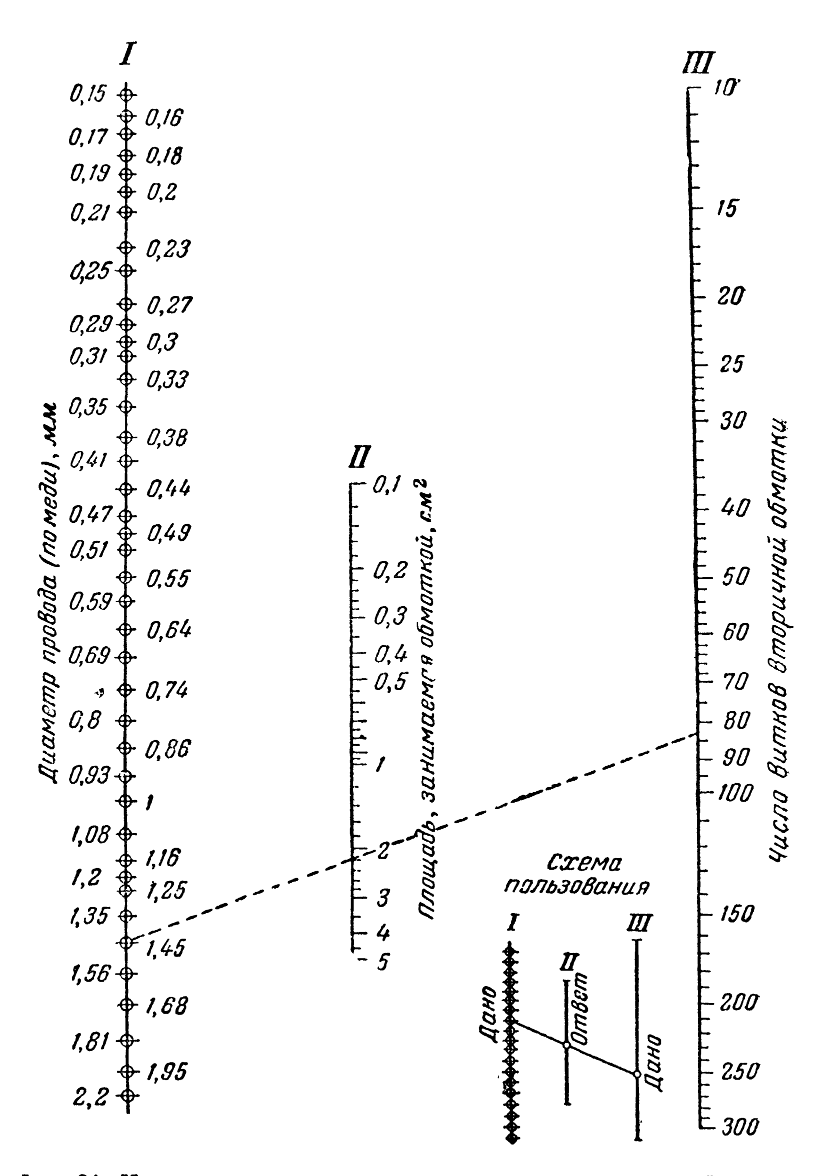
Фиг. 22. Номограмма для определения диаметра провода вторичной обмотки при всех схемах и лампах.

Пример. Число витков первичной обмотки 4 500; число витков вторичной обмотки 83; диаметр провода первичной обмотки 0,165 *мм*, диаметр провода вторичной обмотки равен 1,38 *мм*.



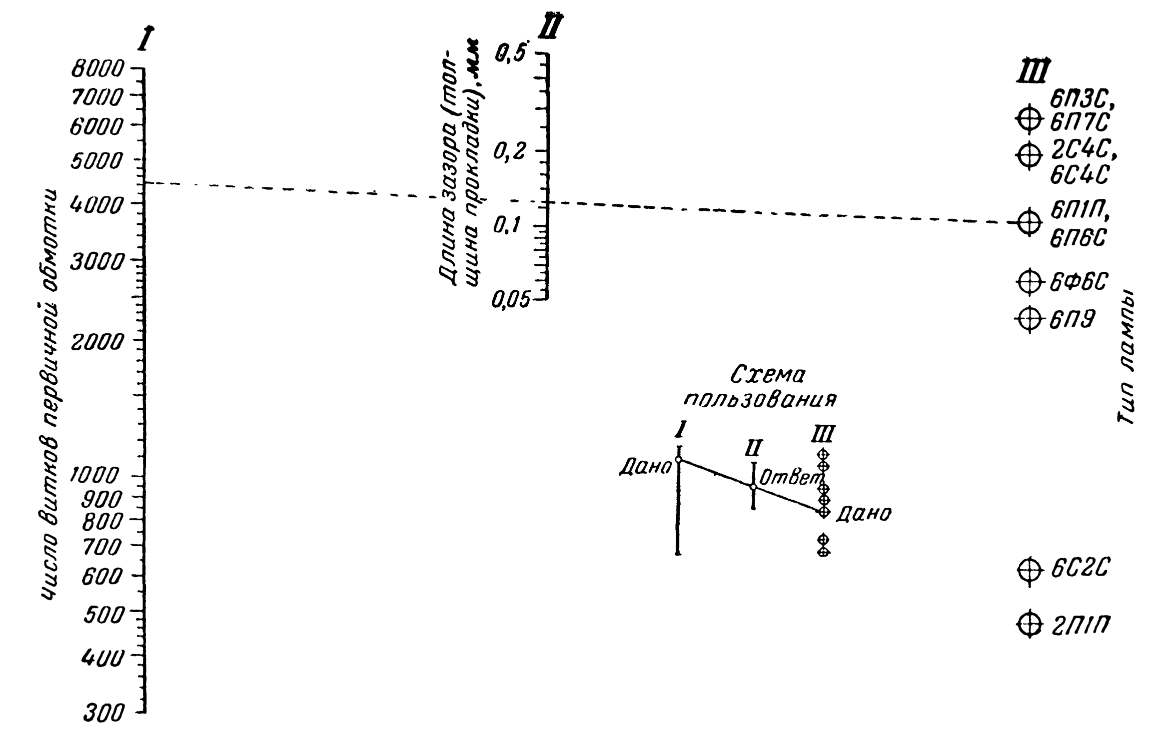
Фиг. 23. Номограмма для определения площади, занимаемой в окне сердечника первичной обмоткой.

Пример. 4 500 витков провода ПЭ диаметром 0,17 *мм* занимают площадь 2,2 *см*².



Фиг. 24. Номограмма для определения площади, занимаемой в окне сердечника вторичной обмоткой.

Пример. 83 витка провода ПЭ диаметром 1,45 *мм* занимают площадь 2,2 *см*².



Фиг. 25. Номограмма для определения длины зазора в сердечнике при однотактной схеме на триоде, тетроде или пентоде с отрицательной связью и без нее.

Пример. Число витков первичной обмотки 4 500; лампа 6П6С. Длина зазора (толщина прокладки) равна 0,12 *мм*.

Цена 75 коп.